

'Kalk' in de waterbehandeling

Dankzij de gunstige prijs en de natuurlijke zuiverheid beginnen kalkprodukten nu ook in Nederland een steeds grotere toepassing te ondervinden als chemicaliën in velerlei waterbehandelingsprocessen. Kalk is tenminste drie keer zo goedkoop als andere basische chemicaliën die gebruikt worden in de waterbehandeling.

Bij een grotere verbruiker kan de toepassing van kalk in plaats van een ander agens een besparing in de exploitatiekosten opleveren van 0,5 à 1 miljoen gulden per jaar*. In dit artikel wordt nader ingegaan op de



DRS. D. J. WIERSMA
Nekami, Maastricht

herkomst en de aard van verscheidene kalkprodukten, voorts op een aantal toepassingen van kalk in waterbehandelingsprocessen.

Tenslotte wordt ingegaan op de wijze waarop en de apparatuur waarmee kalkprodukten aangevoerd, opgeslagen en in het proces gebracht worden. Juist op dit gebied hebben nieuwe technologieën verbetering gebracht. Een schone en storingvrije verwerking van kalk is zeer wel mogelijk, maar is afhankelijk van de opstelling van juiste installaties bij de verbruiker.

1. Herkomst en aard van kalkprodukten

1.1. Algemeen

Kalk is in de titel van dit artikel tussen aanhalingstekens geplaatst aangezien het woord meestal (zo ook in dit artikel) misbruikt wordt voor een aantal verschillende verbindingen van Calciumoxide. Met kalk (Eng.: Lime, Fr.: Chaux, Dts.: Kalk) wordt strikt genomen alleen Calciumoxide, d.w.z. gebrande ofwel ongebluste kalk bedoeld. Kalkprodukten zijn er velerlei, en ze hebben wereldwijd een zeer groot toepassingsgebied.

Grondstof voor deze produkten is in de natuur voorkomende kalksteen, die in min of meer zuivere mate bestaat uit Calciumcarbonaat (CaCO_3). Minder zuivere vormen zijn over het algemeen vermengd met magnesiumverbindingen en zand- of kleibestanddelen (Si-, Al- en Fe-verbindingen). Een belangrijk onderscheid moet gemaakt

worden voor dolomiet, eveneens een in de natuur voorkomend gesteente, waarin Calciumcarbonaat nog overheerst, maar dat voor een groot gedeelte bestaat uit Magnesiumcarbonaat (MgCO_3). Vrijwel elk land op aarde heeft exploitabele kalksteenvoorkomens, zelfs Nederland, waar (geologisch gesproken) oudere gesteenten eigenlijk alleen in Zuid-Limburg en de Achterhoek dicht aan de oppervlakte komen.

Kalksteen wordt meestal in dagbouw gewonnen op plaatsen waar het gesteente dicht aan de oppervlakte en in goede kwaliteit voorkomt, terwijl de stichting van een groevebedrijf voorts afhankelijk is van markt-economische factoren en van sociale omstandigheden in het omliggende gebied. Vaak wordt, om redenen van kwaliteit en/of afzetmogelijkheden, alleen een steenprodukt gefabriceerd, bijv. steenslag voor de wegenbouw of fijnere produkten, zoals krijt voor veevoeder, landbouwkalk, vulstof e.d. Zijn de omstandigheden daarvoor gunstig, dan wordt een deel der gewonnen steen, na breken, sorteren en wassen veelal ter plaatse in het groevebedrijf gebrand en eventueel geblust. De wereldproductie van gebrande kalk was in het jaar 1976 106 miljoen ton.

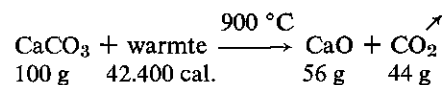
In Nederland gedolven kwaliteiten, te weten Limburgse en Winterswijkse kalkmergel, vinden toepassing bij de bereiding van cement, andere bouwprodukten en agrarische produkten, doch lenen zich niet voor de productie van een goede kwaliteit gebrande of gebluste kalk. De Nederlandse markt wordt, wat dit betreft, grotendeels voorzien van grondstof, halffabrikaat of eindprodukt uit België en Duitsland.

Uit de productiecentra aldaar is, gezien op langere termijn, in ons land een regelmatige voorziening van goede kwaliteiten tegen evenwichtige prijzen te verwachten. Brandstofkosten vormen de belangrijkste faktor van de kalkprijs.

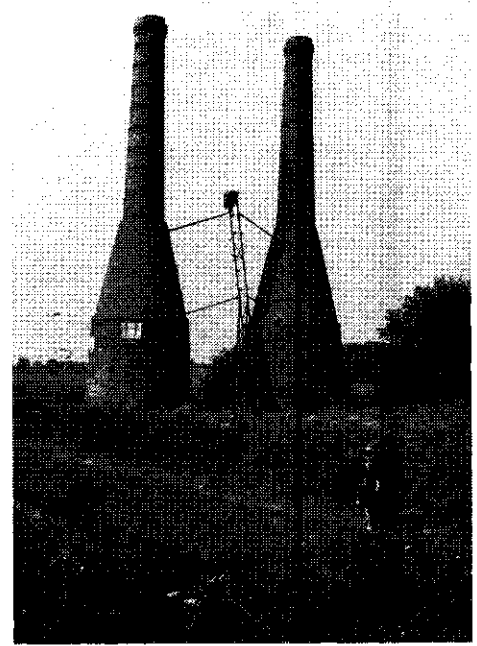
Alhoewel Calciumcarbonaat als zodanig, in de vorm van grit of marmerkorrels, wel toegepast wordt voor ontzuring of neutralisatie, beperken wij ons in dit artikel tot de meer omvangrijke vormen van toepassing in de waterbehandeling, nl. gebrande en gebluste kalk.

1.2. Gebrande kalk (CaO)

Het branden van kalksteen ('calcineren'), waarbij kooldioxide ontwijkt, geschiedt volgens de endotherme reactie:



Voor zover bekend uit archeologische gegevens werd al 2000 jaar geleden, in Mesopotamië, kalk in daarvoor bestemde ovens



Afb. 1 - Verlaten kalkovens in de omgeving van Diever, Drente.

gebrand, op een wijze die nog heden ten dage voorkomt. Een vaste brandstof wordt, goed met kalksteen gemengd, boven in een verticale schachtoven ingebracht; het mengsel zakt langzaam en brandend door de oven en de gebrande kalk wordt aan de onderzijde uit de oven getrokken. Het proces vindt continu plaats. In Nederland was in vroeger eeuwen branden van schelpen op deze wijze een gevestigde praktijk. Zelfs nu wordt in ons land nog schelpkalk gemaakt en op verschillende plaatsen herinneren verlaten schelpkalkovens aan deze vroegere industrie (afb. 1).

Tegenwoordig kan voor het branden gekozen worden uit meerdere soorten brandstof, terwijl zeer verschillende typen ovens gebruikt worden. Gebruik van gas als brandstof zal de minste verontreiniging van het eindprodukt geven. Het verkrijgen van een goed en gelijkmatig gebrand produkt vereist een nauwgezette procesbeheersing. Bij een te hoge temperatuur of te langdurig branden kan het CaO rekristalliseren, hetgeen moeilijk te blussen kalk oplevert ('hardbrand'), terwijl bij een te lage temperatuur of te kort branden de kern der stenen ongebrand kan blijven. In de moderne draaiovens is het brandproces beter te beheersen dan in de ouderwetse schachtoven. De schachtoven blijft echter, in technisch steeds verbeterde versies, bestaan, gezien het gunstiger energieverbruik.

Na het branden worden de dan ontstane stukken gebrande kalk (men spreekt wel van 'kluitkalk') gemalen en gesorteerd in verscheidene fijnheden. Gangbare kwaliteiten in de waterbehandeling zijn de korrelgrootten 0 - 2 mm en 0 - 0,5 mm.

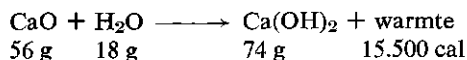
* Bij een jaarverbruik bijv. van 2.500 ton Natronloog (100%) zijn de chemicaliënkosten ca. 1 miljoen gulden. Equivalent daaraan zou zijn 1.900 ton CaO , die ca. f 240.000,— kosten, te vermeerderen met hooguit f 40.000,— meerkosten per jaar voor de iets duurdere en bewerkelijker kalkinstallatie.

Het fijnere produkt heeft een iets hogere reaktiesnelheid. Overigens is de reaktiesnelheid ook afhankelijk van de zgn. 'reactiviteit', een eigenschap die bij kalk afhankelijk is van de wijze van branden. De fijnheid is ook van belang met betrekking tot de zgn. 'gries', het niet oplosbare residu van korreltjes kalksteen, zand e.d., die overblijven na het blussen en oplossen van de kalk. Deze 'gries' heeft uiteraard ook een maximale korrelafmeting afhankelijk van de fijnheid waarop de kalk gemalen is.

In tabel I worden de belangrijkste fysische eigenschappen van kalk opgesomd. Gebrande kalk, ook wel ongebluste kalk genoemd, is, tenzij geheel afgesloten bewaard, niet stabiel; met CO₂ uit de lucht treedt langzaam recarbonisatie op, met water ontstaat kalkhydraat. Bij transport en bij opslag voor langere duur moet hiermede rekening gehouden worden. Tenslotte moet bij het omgaan met ongebluste kalk aan de veiligheid gedacht worden. Het blussen gaat met aanzienlijke warmte-ontwikkeling gepaard. Ook in verband met de sterk alkalische werking is bescherming van de ogen zeer belangrijk.

1.3. Gebluste kalk (Ca(OH)₂)

Door toevoegen van water aan gebrande kalk ontstaat gebluste kalk volgens de exotherme reactie:

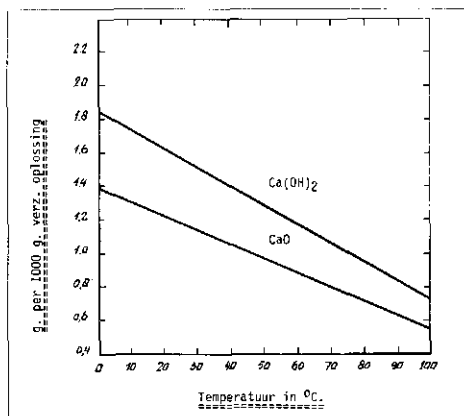


Bij de hydratatie valt de kalk uiteen in een fijn verdeeld kalkhydraat. Door toevoeging van de stoichiometrische hoeveelheid water (plus een extra hoeveelheid water die verloren gaat door verdamping) in een speciaal daartoe ontworpen droogblusmachine ontstaat droog poederig kalkhydraat dat zich goed leent voor verdere bewerking, bijv. fijnmaling of uitzeving, waarmee hoogwaardige kwaliteiten verkregen worden.

Het handelsprodukt heeft in het algemeen een fijnheid van 85 à 95 % < 0,09 mm, een zeer fijne kwaliteit bereikt 100 % < 0,09 mm. Drooggebluste kalk is, indien redelijk beschermd, langdurig bewaarbaar; pas na lange tijd ontstaat enige recarbonisatie met CO₂ uit de lucht, terwijl bij te hoge vochtconcentraties kans bestaat op klonteren of aancoeken.

In tabel I zijn een aantal eigenschappen van kalkhydraat, naast die van gebrande kalk, opgesomd. Wat het veiligheidsaspect betreft, met poederkalk is voorzichtigheid geboden ten aanzien van de ogen, gegeven de alkalische werking.

Gebrande kalk kan ook met een overmaat water geblust worden, waardoor, afhankelijk van de hoeveelheid water, een breiige of



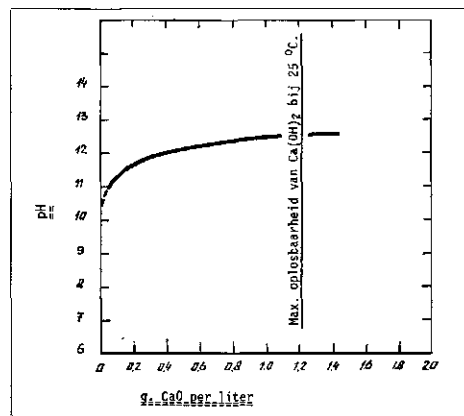
Afb. 2 - Oplosbaarheid van kalk uitgedrukt in g. CaO en g. Ca(OH)₂ per 1.000 g. verzadigde oplossing bij verschillende temperatuur.

meer waterige suspensie van kalkhydraat ontstaat ('kalkmelk'). Kalkmelk, in een concentratie van 5 à 10 %, is de tussenfase waarlangs dosering van kalk in de waterbehandeling meestal geschiedt, ook wanneer drooggebluste kalk gebruikt wordt. De concentraties van verzadigde oplossingen van kalk in water (afb. 2) zijn namelijk te laag om als efficiënte tussenfase te dienen bij de dosering. Zoals blijkt uit afb. 2 is de oplosbaarheid van kalk in water omgekeerd evenredig met de temperatuur.

Afb. 3 geeft het alkalisch effect weer van kalkoplossingen van verschillende concentratie in water bij 25 °C.

De keuze tussen het gebruik van gebrande of drooggebluste kalk hangt af van omstandigheden als jaarverbruik, eisen ten aanzien van produktzuiverheid en de mogelijkheden tot het uitvoeren van het blusproces ter plaatse. In het laatste gedeelte van dit artikel wordt hierop nader ingegaan. In Nederland voor waterbehandeling aangeboden kalkprodukten zijn over het algemeen van goede kwaliteit; wel is het verstandig een speciaal voor het doel bestemd produkt te betrekken dat afkomstig is

Afb. 3 - pH van kalkoplossingen van verschillende concentratie in water bij 25 °C [1].



van een gerenommeerde fabrikant. Kalkprodukten zijn immers, onder de verzamelnaam 'kalk', in zeer gevarieerde kwaliteiten en verbindingen en in verschillende industrieën in gebruik. In de bouw wordt bijv. een hydraulisch bindmiddel (d.w.z. met cement) als kalk verkocht; een dergelijke 'kalk' zou in de waterbehandeling bikkelharde verrassingen geven, nog afgezien van het lage gehalte werkzaam kalkhydraat. Nederland kent voor kalk met toepassing in de waterzuivering geen vaste norm, zoals bijvoorbeeld in Duitsland voor gebluste en ongebluste kalk 'zur Wasseraufbereitung' wel het geval is (DIN no's 19611, 19613 en 19614). Wel heeft in ons land kalkhydraat van het merk 'Edelwit' een verklaring van geen bezwaar op toxicologische gronden (VGB no. 26) van het KIWA, hetgeen garanties geeft voor de toepassing als chemicalie in de drinkwaterbereiding.

Tabel I geeft, met ruime marges, de gehalten aan hoofd- en nevenbestanddelen weer die men in een kwaliteitsprodukt mag verwachten.

TABEL I - Eigenschappen en samenstelling van kalkprodukten.

Enige eigenschappen van chemisch zuiver materiaal		
	CaO	Ca(OH) ₂
Moleculair gewicht	56,08	74,09
Dichtheid	3,34	2,24
Smeltpunt	2580 °C	—
Dissociatietemperatuur	—	547 °C

Chemische samenstelling van gangbare handelsprodukten		
	Gebrande kalk %	Drooggebluste kalk %
Calciumoxide, CaO	90 — 95	—
Calciumhydroxide, Ca(OH) ₂	—	92 — 97
Calciumcarbonaat, CaCO ₃	0,5 — 4	0,3 — 3
Calciumsulfaat, CaSO ₄	0 — 0,3	0 — 0,2
Magnesiumoxide, MgO	0,5 — 2	0,3 — 1,5
Siliciumdioxide, SiO ₂	0,5 — 2	0,3 — 1,5
Sesquioxiden, R ₂ O ₃ *	0,3 — 1,5	0,1 — 1

* R₂O₃ = Al₂O₃ + Fe₂O₃ + Mn₃O₄ + TiO₂

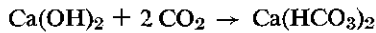
2. Toepassingen van kalk in de waterbehandeling

Kalkprodukten vinden toepassing in de bereiding van drink- of industriewater, de afvalwaterzuivering en de slibbehandeling. Het betreft hierbij een grote variëteit aan processen. Kalk kan, enerzijds met kationen, anderzijds met anionen, talrijke moeilijk oplosbare en goed verwijderbare hydroxiden resp. calciumzouten vormen. Bij toepassing van vele andere (zuurwerkende) waterzuiveringsprocessen of chemicaliën kan kalk bijgedoseerd worden voor pH-correctie. De voornaamste processen, die in de prak-

tijk voorkomen, worden hieronder opgesomd en kort toegelicht. Een aantal van de hier afzonderlijk beschreven processen heeft dezelfde chemische achtergrond en een deel der processen vindt simultaan plaats.

2.1. Ontzuring

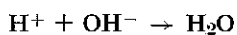
Door de toevoeging van kalk kan het vrije (agressieve) koolzuur, bijv. in grondwater, gebonden worden.



Een nauwkeurige dosering is noodzakelijk; bij een te hoge gift zouden calciumcarbonaten precipiteren zonder dat dit de bedoeling is. Bij dit proces vindt een kleine hardheids-toename van het water plaats, t.w. 0,064 °dH per gebonden gram koolzuur. Het best voldoet dit proces bij ijzer- en mangaan-arm water met een hardheid van 2 tot 8 °dH.

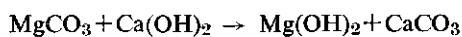
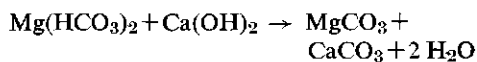
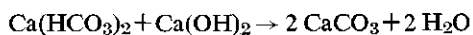
2.2. Neutralisatie

Bij de behandeling van zuur of verontreinigd afvalwater is de werking van kalk in wezen een functie van de neutraliserende reaktie van de hydroxylionen:

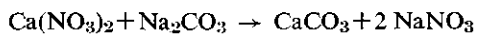
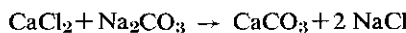
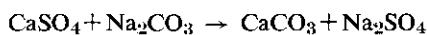


2.3. Ontharding

De toevoeging van kalk aan water bewerkstelligt een gedeeltelijke ontharding, d.w.z. de tijdelijke (carbonaat) hardheid wordt teniet gedaan. Daarbij worden de in de vorm van bicarbonaten opgeloste zouten van Calcium en Magnesium neergeslagen.



In het kalk-soda proces wordt door mededosering van soda ook de blijvende hardheid (veroorzaakt door niet-carbonaat verbindingen van Ca of Mg zoals chloriden, sulfaten en nitraten) verlaagd.



Aangezien bij dit proces een hoge pH ontstaat is neutralisatie (bijv. recarbonatie met CO₂-gas) noodzakelijk. Het afgescheiden neerslag kan geregenereerd worden; door het calcineren komt dan het nodige CO₂-gas voor de recarbonatie ter beschikking. Bij de ontharding met kalk ontstaat nog een gedeeltelijke neerslag van eventueel aanwezige metaal- of andersoortige verontreinigingen, met name zware metalen.

2.4. pH-verhoging

Kalk kan toegepast worden voor de pH-verhoging bij verscheidene waterbehandelingsprocessen die te zuur werken.

Een voorbeeld is het zuiveringsproces van afvalwater dat veel stikstofverbindingen bevat zoals toegepast in de zuiveringsinstallatie van DSM te Stein, Limburg. Bij de nitrificatie van ammoniak-stikstof, die in de 2e trap van dit proces plaatsvindt door beluchting en bacteriën-werking, is neutralisatie van de gevormde zuren noodzakelijk.

Andere voorbeelden zijn de correcties die noodzakelijk kunnen zijn ter compensatie van de pH-effecten van zuurwerkende coagulantia of van chloreren.

2.5. Coagulatie-Flocculatie en Bezinking

Kalk is op zichzelf toepasbaar als coagulans en wordt daarnaast gebruikt in combinatie met andere coagulantia, zoals ijzer- of aluminiumzouten, waarbij de voornaamste functie veelal pH-correctie is. Een voordeel ten opzichte van andere gebruikelijke precipitatie middelen is dat geen ongewenste anionen (chloride of sulfaat) aan het water worden toegevoegd.

Bij toevoeging van voldoende kalk aan verontreinigd water vindt neerslag plaats van kationen (zware metalen, aardalkalimetalen) die met de OH⁻-ionen moeilijk oplosbare verbindingen aangaan, alsmede van anionen of organische verbindingen (ook in water oplosbare oliën) die met de Ca⁺⁺-ionen moeilijk oplosbare verbindingen aangaan.

Tabel II geeft de oplosbaarheidsprodukten van een aantal moeilijk oplosbare hydroxyden en calciumzouten in water.

De defosfatering van afvalwater met kalk, al of niet in combinatie met ijzertzout, is in verschillende landen, o.a. Zweden en de USA reeds enige jaren gevestigde praktijk, terwijl hierover in Nederland reeds enig onderzoek is verricht.

Een goed algemeen inzicht in de betreffende procestechnologie geeft een publikatie in H₂O [3] van Heide en Kampf, terwijl deze beide TNO-medewerkers voorts uitgebreid publiceerden [4] naar aanleiding van praktische defosfateringsproeven met kalk.

Een ander praktijkonderzoek naar de mogelijkheden van simultaan defosfateren met kalk werd opgezet door het Ingenieurs-

bureau DHV in een kleine installatie in het Waterschap Regge en Dinkel [5].

De beste resultaten worden behaald bij het werken in een hoog pH-trajekt. Essentieel voor het proces is de coagulatie tot slecht oplosbare calciumfosfaten, waarbij vooral de vorming van het kristallijne hydroxyapatiet (Ca₅(PO₄)₃OH) van groot belang is, aangezien deze kristallen fungeren als kernen voor een directe en versnelde aangroei van calciumfosfaten.

Het defosfateren met kalk kan in verschillende stadia van een zuiveringsproces worden ingepast:

a. In de *voorbezinking*; en dan ofwel vóór of ná de eerste bezinking. Goede resultaten worden bereikt bij een pH van 9 à 10. Indien de kalkdosering geschiedt ná de voorbezinking is een tweede bezinkingstank noodzakelijk. Het retourneren van slib is in het algemeen wenselijk in verband met de functie van de in betrekkelijk langzaam tempo gevormde hydroxyapatiet bij de coagulatie. Na de fosfaatbezinking dient de pH wel weer terug te vallen naar een aanvaardbaar niveau voor de biologische zuivering in de tweede trap. Beluchting en het biologische proces in de tweede trap worden overigens aanzienlijk verlicht aangezien bij de voorzuivering met kalk het CZV en BVZ verlaagd worden.

b. In de *tweede trap* ('simultaan'). De biologische processen leggen aan de pH een limiet op van 8,5 à 9,0. Heide en Kampf [4] rapporteren dat bij pH-verhoging tot ca. 8,5 in de oxydatiesloot van TNO te Delft een P-concentratie in het effluent gehaald werd van 2 - 3 mg/l. De kalk kan volgens dit onderzoek het beste toegevoegd worden tussen het biologische zuiveringsgedeelte en de nabezinker. Wel is waakzaamheid geboden voor CaCO₃-aangroei in het beluchtingssysteem, daar de tijdens oxydatie gevormde koolzuur zich bindt met de vrij aanwezige calciumionen.

c. In de *nazuivering* zijn door toevoeging van kalk zeer lage P-concentraties (0,2 mg/liter) te bereiken, aangezien gewerkt kan worden met pH-waarden tot ca. 11,5.

TABEL II - Oplosbaarheid (conc. in mol./l) van enige hydroxiden en calciumverbindingen [2, 5].

Hydroxiden	T	Oplosbaarheid	Calciumzouten	T	Oplosbaarheid
Ca(OH) ₂	18 °C	5,47 x 10 ⁻⁶	CaCrO ₄	18	2,3 x 10 ⁻²
Me(OH) ₂	25	5,5 x 10 ⁻¹²	CaSO ₄	10	6,1 x 10 ⁻⁵
Cd(OH) ₂	18	1,2 x 10 ⁻¹⁴	CaHPO ₄	25	5 x 10 ⁻⁶
Ni(OH) ₂	25	1,6 x 10 ⁻¹⁴	Ca(OH) ₂	18	5,47 x 10 ⁻⁶
Mn(OH) ₂	18	4 x 10 ⁻¹⁴	CaCO ₃	25	4,8 x 10 ⁻⁹
Fe(OH) ₂	18	4,8 x 10 ⁻¹⁶	CaF ₂	18	3,4 x 10 ⁻¹¹
Zn(OH) ₂	25	1 x 10 ⁻¹⁷	Ca ₃ (PO ₄) ₂	25	1 x 10 ⁻²⁵
Cu(OH) ₂	25	5,6 x 10 ⁻²⁰	Ca ₄ H(PO ₄) ₃		1 x 10 ⁻⁴⁷
Cr(OH) ₂	18	2 x 10 ⁻²⁰	Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH		1 x 10 ⁻⁵⁸
Cr(OH) ₃	25	6,7 x 10 ⁻³¹	Ca ₅ (PO ₄) ₃ F		
Fe(OH) ₃	18	3,8 x 10 ⁻³⁸			

Een bijkomend voordeel van deze relatief dure methode in de naprecipitatie is de aanzienlijke mate van desinfectie die optreedt bij de hoge pH. Afhankelijk van het bufferend vermogen van het water waarop het effluent geloosd wordt, zal een reductie van de pH noodzakelijk zijn. Bij grote installaties kan de terugwinning van kalk overwogen worden. Door recalciatie komen dan zowel CaO als CO₂ ter beschikking.

In een recent onderzoek door TNO, Apeldoorn [6] is aangetoond dat een zeer goede fosfaatverwijdering uit kalverdrijfmest behaald kan worden door simultane precipitatie met kalk in een biologische installatie. In het onderzoek dat op praktisch-schaal plaatsvond, kon de P-verwijdering opgevoerd worden van vrijwel nihil tot meer dan 80 %, terwijl bovendien de biologische oxydatie als gevolg van de kalkdosering werd verbeterd.

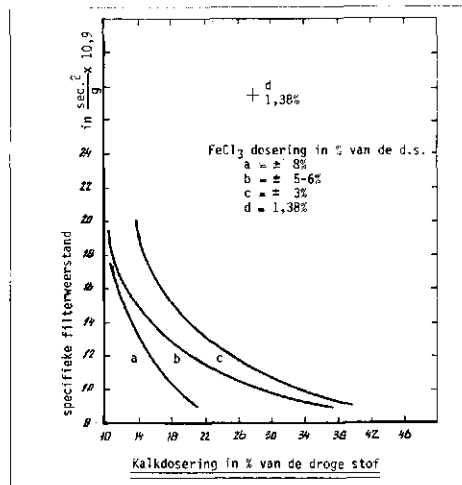
Of en hoe met kalk gedefosfateerd kan worden hangt af van vele omstandigheden, zoals de aard van het influent en het totale zuiveringssysteem waarvoor gekozen wordt of waarin de defosfatering later ingepast wordt. Een algemeen aspect van de toevoeging van grotere hoeveelheden kalk in de waterbehandeling is de grotere hoeveelheid slib die ontstaat. Deze nadelige faktor moet afgewogen worden tegen weer andere voordelige bij-effecten van kalk, zoals de coprecipitatie van zware metalen, desinfectie, verhoogde ontwaterbaarheid van slib en betere afzetmogelijkheden in de landbouw dankzij de bekalkingswaarde. De Haan [9] wijst op een aantal voor de landbouw positieve aspecten van een hoog kalkgehalte in slib.

2.6. Conditionering en stabilisatie van slib

Eén van de grootste toepassingen van kalk in de waterbehandeling ligt op het terrein van de slibconditionering. In Nederland gebeurt dit met name op een aantal rwzi's, waar kamerfilterpersen gebruikt worden voor de slibontwatering.

Door de invloed op de hydrofile colloïden verbetert kalk de ontwaterbaarheid van gecoaguleerd afvalwaterslib aanzienlijk. Afhankelijk van het slib-type kan de ontwaterbaarheid nog verbeteren door het bijdoseren van ijzerzout. De gedoseerde hoeveelheden liggen in de orde van 20 tot 40 % Ca(OH)₂ op droge stof en 5 tot 15 % FeCl₃.

Afb. 4, ontleend aan een reeds eerder geciteerd proefonderzoek van Ingenieursbureau DHV [5], geeft een indruk van de invloed van kalk en ijzerdosering op de ontwaterbaarheid van slib, welke zich manifesteert

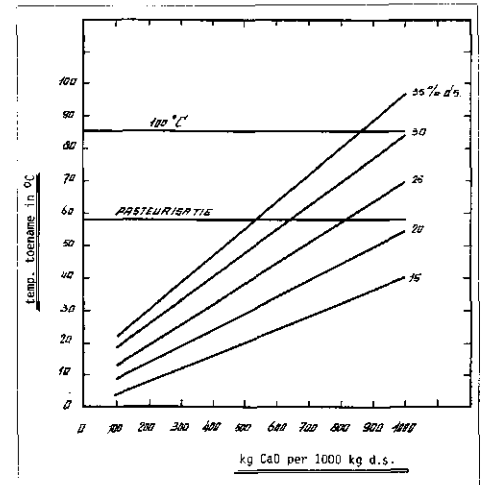


Afb. 4 - De specifieke filterweerstand van chemisch geconditioneerd slib te Enter [5].

in een afname van de specifieke filtratieweerstand bij hogere doseringen kalk c.q. ijzer.

Andere toepassingen van kalk in slib zijn gericht op de eindafwerking van het restprodukt. Men spreekt dan van *stabilisatie*. De toevoeging van kalk aan slib heeft een pasteuriserende, c.q. steriliserende werking. Onderzoek [7] wijst uit dat een volledige kiemdoding optreedt wanneer gedurende 30 minuten een pH > 12 gehandhaafd blijft. Daar de hoge pH tevens de micro-organismen onderdrukt die de ontbinding van het organisch materiaal in slib bewerkstelligen, heeft de kalkdosering ook een neutralisatie van stank tot gevolg. Een dergelijke stabilisatie van slib is alleen gerechtvaardigd wanneer de eindbestemming zulks vereist. Wat de afzetbaarheid van slib als meststof betreft doet zich nog een andere, voor Nederlandse omstandigheden interessante, mogelijkheid voor. Het betreft de intensieve menging van reeds gedeeltelijk ontwaterd slib met ongebluste kalk. Niet alleen treedt bij dit procédé stabilisatie van het slib op, maar eveneens een stijging van het drogestofgehalte. Als gevolg van het blussen van de kalk wordt nl. een gedeelte van het water gebonden aan de CaO, terwijl daarnaast een behoorlijke hoeveelheid water verdampt door de temperatuurstijging tijdens het exotherme blusproces (zie par. 1.3.).

In Zweden en Duitsland wordt dit procédé reeds in de praktijk toegepast. In een recente Zweedse voordracht [8] wordt de toepassing op de Rya-installatie (630.000 i.e.) nabij Gothenburg beschreven. Als eindprodukt wordt een goed verkoopbare meststof verkregen met kalk als hoofdc component, een consistent en rul materiaal dat strooibaar is met een gewone mestverspreider en zonder problemen buiten bewaarbaar is. Van essentieel belang bij het procédé is de



Afb. 5 - In de praktijk te verwachten temperatuurstijging bij snelle menging van kalk met slib [8].

tijdens de menging optredende temperatuurstijging, die hoger wordt naarmate meer kalk gebruikt wordt per eenheid slib van een bepaald d.s. gehalte. Afb. 5 geeft een beeld van de te verwachten werkelijke temperatuurstijgingen bij het mengen van verschillende hoeveelheden CaO met slib van gevarieerd d.s. gehalte. De niveaus waarop pasteurisatie optreedt, resp. 100 °C bereikt wordt, zijn aangegeven voor slib met een uitgangstemperatuur van 15 °C. Het mengproces is betrekkelijk ongecompliceerd en geschiedt in een trog met een bladschroef. Afb. 6 geeft de opstelling schematisch weer.

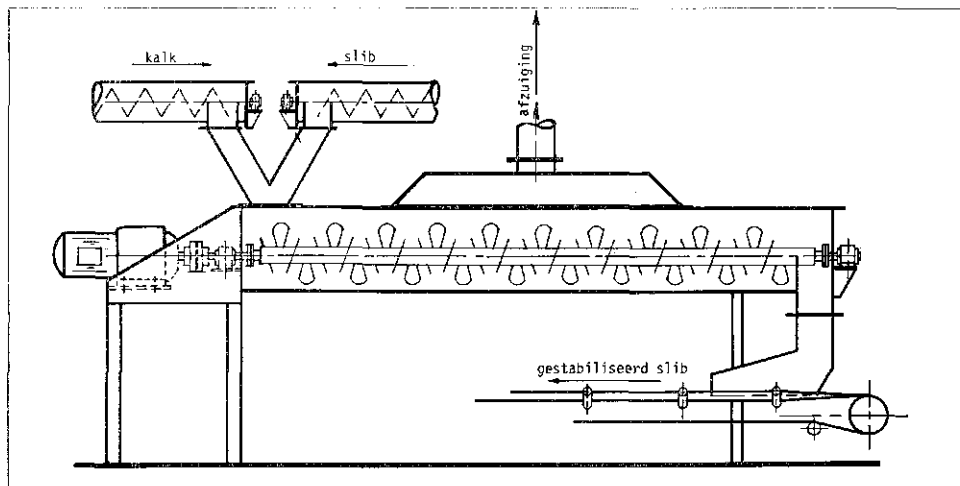
De blussing en ook de maximale temperatuurstijging vinden plaats binnen de verblijftijd van het mengsel in de trog (ca. 15 min.) en een goede afzuiging van de waterdamp is derhalve essentieel.

Afhankelijk van de behoefte aan en de prijzen van landbouwkalk in het omliggende landbouwgebied kan zodoende als eindprodukt een goed verkoopbare kalkmeststof ontstaan, een situatie die min of meer vergelijkbaar is met die van de schuimaarde der suikerfabrieken!

3. Aanvoer, opslag en dosering

Zowel ongebluste als gebluste kalk wordt meestal geleverd in droge, poederachtige vorm. Voor de opslag en dosering dient de verbruiker goed op de eigenschappen van kalk afgestemde installaties te plaatsen. Gaat het om een klein verbruik, dan kan het best in zakken verpakt kalkhydraat gebruikt worden.

Een grote regelmatige omzet rechtvaardigt al gauw aanvoer, opslag en verwerking van een onverpakt bulkprodukt, waarbij alles functioneert via een gesloten, geautomatiseerd systeem. De keuze tussen ongebluste en gebluste kalk is eveneens



Afb. 6 - Mengtrog ontwaterd slib - ongebluste kalk.

afhankelijk van een aantal omstandigheden bij de verbruiker.

Belangrijke parameters voor de opslag en verwerking van een kalkprodukt zijn de fijnheid en het litergewicht. Deze eigenschappen zijn voor de gangbare handelsprodukten in tabel III opgesomd. Voor kalkhydraat geldt dat het vrijwel geen vrij vocht mag bevatten, aangezien anders storings in de doorloop en aankoeken in silo's kan optreden.

TABEL III

	Fijnheid	Litergewicht
CaO	100 % < 0,5 mm of 100 % < 2 mm	900 à 1.100 g
Ca(OH) ₂	80 à 100 % < 0,2 mm	350 à 500 g

3.1. Aanvoer

Zowel ongebluste als drooggebluste kalk zijn verpakt leverbaar, in zakken met 25, 40 of 50 kg, geladen op pallets. De toepassing van ongebluste kalk in zakken komt weinig voor met het oog op praktische bezwaren.

Alhoewel in beperkte mate, zal toch bij de verbruiker van gezakt materiaal enige handarbeid nodig zijn voor het in proces brengen van de kalk. Over het algemeen wordt gewerkt met een rooster, zo direkt mogelijk boven een bassin, waarin de kalk met water aangemaakt wordt tot kalkmelk. De zakken worden op het rooster gelegd, opengesneden en geledigd, en een voorziening voor stofafzuiging boven het rooster c.q. het bassin is noodzakelijk. Standaardinstallaties zijn in de handel verkrijgbaar, daartegenover wordt ook vaak een systeem opgesteld naar eigen ontwerp.

In het kader van dit artikel laten wij het verpakte produkt verder buiten beschouwing. Eén van de belangrijke motieven voor toepassing van kalk in de waterbehandeling is kostenbesparing, hetgeen juist een rol

gaat spelen bij het grotere verbruik, met aanvoer in bulk, opslag in silo's en verwerking c.q. dosering via geautomatiseerde installaties. Op basis van de huidige kosten en omstandigheden moet toepassing van een bulkprodukt overwogen worden bij een verbruik dat de 200 ton per jaar overschrijdt.

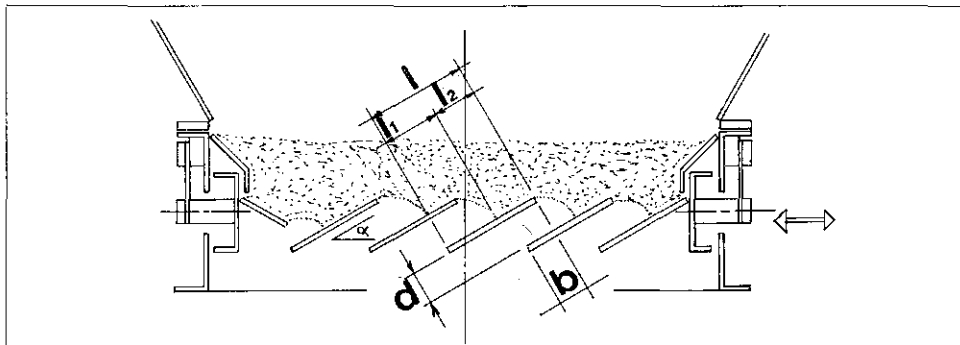
Bulk kalkprodukten worden aangevoerd per tankauto, in ladingen van ca. 20 ton (= ca. 54 m³) voor kalkhydraat en ca. 27 ton (= ca. 27 m³) voor ongebluste kalk. Het lossen geschiedt pneumatisch in bij de verbruiker opgestelde voorraadsilo's.

3.2. Opslag en silo'slossing

Silo's voor ontvangst en opslag van kalkprodukten dienen voorzien te zijn van een ontstoffingsfilter. Uit economische overwegingen moet de silo-inhoud ruimschoots voldoende zijn om een volle vracht kalk te ontvangen plus een reserve voor levertijd (enkele dagen). Dit betekent dat voor poederkalk een silo-inhoud van tenminste 80 m³ nodig is, voor ongebluste kalk tenminste 35 m³.

De eventuele trechtervormige toeloop aan de onderzijde van de silo moet een hoek van tenminste 60° met het horizontale vlak hebben.

Afb. 7 - Siletta-systeem voor silo'slossing.



De storingsvrije dosering van poederig materiaal uit een silo vereist toepassing van speciale technologieën. Met name drooggebluste kalk gedraagt zich wat de doorloop betreft zeer speciaal. Wanneer dit produkt bijv. net ingeblazen is in een silo, blijft het enige uren gefluidiseerd en loopt dan bijna als water. Is het materiaal eenmaal ontluicht, dan is het door het lage litergewicht en door cohesieve krachten veel minder tot doorloop geneigd. Ook is er nogal een verschil in het loopgedrag wanneer een silo vol of bijna leeg is; standtijd en verdichting spelen daarbij een rol.

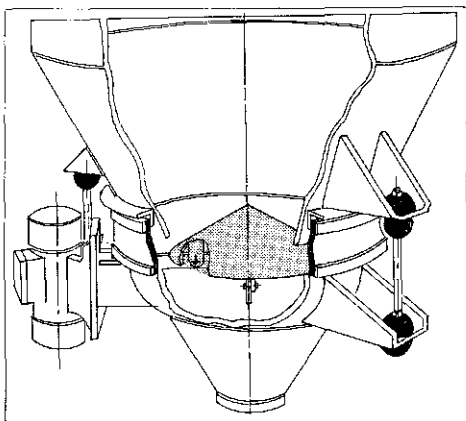
Voor de lossing van kalk uit silo's in de hier besproken dimensies van 30 à 80 m³ inhoud zijn in ons land momenteel enige goedwerkende systemen in de handel. Het betreft systemen waarbij in de uitloop van de silo een konstruktie wordt aangebracht die in hoog frequente trilling gebracht kan worden.

Zo is er een systeem, 'siletta' geheten, bestaande uit een horizontaal aangebracht, meestal vierkant rooster van schuingerichte platen, waarop het materiaal bij stilstand blijft rusten, in feite door taludvorming op kleine schaal, terwijl bij trilling de taluds instabiel worden, zodat het materiaal doorvalt (zie afb. 7).

Een ander systeem wordt in de handel gebracht onder de naam 'bin activator' en bestaat uit een geïsoleerd van de silo opgehangen bodemkonstruktie in de vorm van een met de punt naar boven gerichte kegel, waar het materiaal rondom doorvalt tijdens de trilbeweging, terwijl het in de ruststand blijft staan als gevolg van verdichting in de toeloop. Een schematische weergave van deze opstelling is gegeven in afb. 8.

In feite komen deze beide systemen overeen met het beginsel van een poederbus. Alleen bij schudden loopt de poeder door de gaatjes. Wel is het van het grootste belang beproefde konstrukties te nemen en deze vakkundig te laten installeren. Zo is bijv. de verhouding tussen de afmeting van de uitloopapparatuur en de doorsnede van de silo van kritische betekenis.

Tenslotte is het ook mogelijk om ten



Afb. 8 - Bin activator-systeem voor silooslossing.

behoefte van de doorloop beluchtings-systemen (woelstroken) of trillers aan te brengen in de wanden van een silo. Beluchting is een goede mogelijkheid, mits vakkundig geïnstalleerd, het aanbrengen van trillers is vaak een noodoplossing in oudere installaties.

3.3. Verwerking

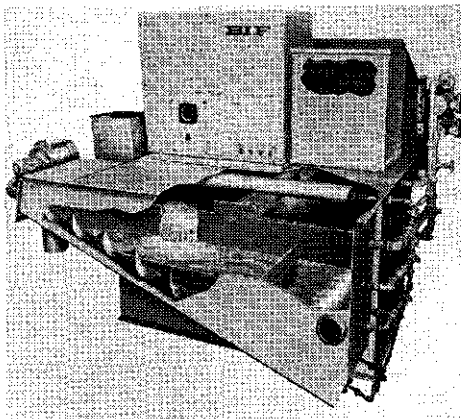
3.3.1. Ongebluste kalk

Grote verbruikers van kalk in de waterbehandeling kunnen een voordeel in de exploitatiekosten behalen door met ongebluste kalk in plaats van droog hydraat te werken. De verbruiker maakt dan, bij wijze van spreken, zelf van de grondstoffen CaO en H₂O het gewenste eindproduct (Ca(OH)₂). Een gewichtseenheid werkzaam Ca(OH)₂ is dan, qua grondstofkosten, 25 à 35 % goedkoper dan een zelfde eenheid Ca(OH)₂ gekocht als drooggebluste kalk. Daartegenover moet rekening gehouden worden met de bijkomende kosten van een blusinstallatie d.w.z. hogere kapitaalslasten, de kosten van bediening, onderhoud, reparatie en van afvoer van de 'gries'.

Het is moeilijk aan te geven op welk verbruiksniveau ongebluste kalk voordeliger wordt. De voor deze rekensom bepalende factoren kunnen nogal verschillen van plaats tot plaats. In het algemeen zal het gebruik van ongebluste kalk pas de moeite van het overwegen waard zijn bij een jaarverbruik boven 1.000 ton. Voorts dient bedacht te worden dat bepaalde afnemers, bijv. drinkwaterproducenten, hoogwaardige kwaliteiten poederkalk nodig hebben, die slechts gefabriceerd kunnen worden via het droogblusprocédé.

Een inrichting voor het zelf met overmaat water blussen van kalk door de verbruiker is weergegeven in afb. 9.

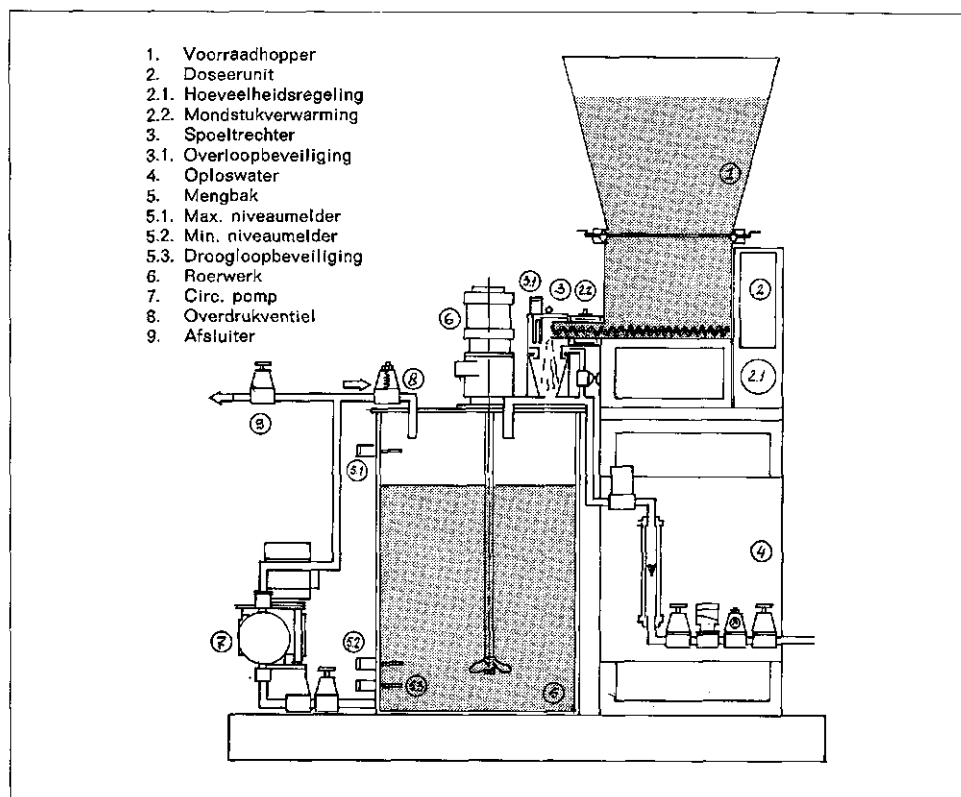
Aangezien de Ca(OH)₂ uiteindelijk in de vorm van een waterige suspensie gedoseerd wordt geschiedt het blussen met een overmaat water. Het voeden van kalk en water in het blusvat dient te geschieden in een



Afb. 9 - Installatie voor 'natte' blussing van kalk.

betrekkelijk konstante verhouding en een meetbare voeding van kalk en water is derhalve nodig. De kalk kan het best op gewicht gedoseerd worden. Het blussen gaat gepaard met de ontwikkeling van warmte (max. 60 à 80 °C). Van het blusvat loopt de gebluste kalkslurry over naar een trog waarin additioneel water wordt toegevoegd en door middel van een schuin oplopende schroef de uitsedimerende zwaardere bijmengselen ('gries') gedeeltelijk verwijderd worden. Achter deze unit is vervolgens een kalkmelktank geplaatst waarin een kalk-water suspensie van de gewenste concentratie onder continue agitatie in voorraad gehouden wordt om vandaar naar het uiteindelijke doseerpunt gepompt te worden.

Afb. 10 - Installatie voor de bereiding van kalkmelk.



3.3.2. Drooggebluste kalk

De verwerking van drooggebluste kalk beperkt zich over het algemeen tot het door middel van een roerwerk aanmaken van een waterige suspensie van 5 à 10 % Ca(OH)₂ in een zgn. kalkmelktank. De kalkmelk moet permanent in beweging blijven om bezinken of aanslag te vermijden en wordt met een pomp vanuit het vat gedoseerd in het te behandelen water. Indien op meerdere punten gedoseerd moet worden dan kan de kalkmelk het best continu circuleren in een ringleiding met verscheidene aftappunten. Een leidingssnelheid van ca. 0,7 m/sec. is gewenst om neerslag c.q. aanslag van kalkbestanddelen tot een minimum te beperken.

Om kalkaanslag te beperken zijn er nog enkele andere mogelijkheden te overwegen. Ten eerste verdient het aanbeveling, indien mogelijk, de kalkmelk aan te maken met zo zacht mogelijk water; immers veel van de harde aanslag wordt gevormd door verbinding van de calcium met in het water opgeloste zouten. Voorts is te overwegen met flexibele, van rubber of kunststof gemaakte leidingen te werken, waarin zowel door de samenstelling van het materiaal als door de elasticiteit aanslag vermeden wordt. Bij periodieke reiniging met een zuurwerkend middel is kunststof bovendien minder gevoelig voor aantasting dan metaal. Het aanmaken van kalkmelk geschiedt bij voorbaat chargegewijs in een unit zoals schematisch is weergegeven in afb. 10.

Poederkalk en water worden in een bepaalde verhouding ingebracht gedurende een periode die bepaald wordt door leeg-resp. volmelding.

De verhouding waarin poederkalk en water ingebracht worden is niet al te kritisch, ervan uitgaande dat de besturing geschiedt door (pH) registratie in het behandelde medium met een signalering naar de kalkmelkvoeding. De concentratie van de suspensie in het kalkmelkvat heeft dan immers enige tolerantie. Meestal worden twee units parallel opgesteld zodat een volledige continuïteit gegarandeerd is.

3.3.3. Droge dosering

Het direkt doseren van een droog kalkprodukt in het te behandelen medium is niet opportuun aangezien nauwkeurige dosering en voldoende snelle oplossing van kalk niet makkelijk te controleren zijn. Toch is onder bepaalde omstandigheden de direkte dosering van een droog kalkprodukt gewenst.

Te denken is bijvoorbeeld aan de in hoofdstuk 2 genoemde conditionering van reeds ingedikt slib met ongebluste kalk, waarbij overigens de mengverhouding ook enige tolerantie geeft. In ieder geval is het dan noodzakelijk de nodige turbulentie of beweging te veroorzaken om een goede oplossing en menging van kalk en het te behandelen slib te garanderen, terwijl daarnaast altijd gedacht moet worden aan de stofafzuiging op de plaats van inbrenging van de kalk.

Uit hoofde van kleine variaties die kunnen optreden zowel in samenstelling van het te behandelen water of slib als in de kwaliteit van de kalk, is het altijd beter eerst te kijken naar mogelijkheden om de dosering te besturen op basis van het uiteindelijk beoogde effect.

Slotopmerkingen

De auteur hoopt in dit artikel de volgende punten verduidelijkt te hebben:

— In Nederland is een regelmatige voorziening van hoogwaardige kalkprodukten op langere termijn verzekerd. De waterbehandeling is daarmee verzekerd van een goedkope en natuurzuivere basische chemie.

— Kalk is toepasbaar bij een groot aantal waterbehandelingsprocessen c.q. -systemen.

— Nieuwe technologieën sluiten problemen bij de verwerking van kalk vrijwel geheel uit.

Dit artikel kon slechts tot stand komen dankzij de medewerking van ing. M. J. Visscher, ing. G. J. Senden en E. L. J. Aarts, allen van Nekami.

Dank is verschuldigd aan ir. B. A. Heide

van IG-TNO voor enige kritische opmerkingen bij de tekst.

Literatuur

1. Boynton, R. S. (1966). *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*. John Wiley & Sons, New York - London - Sidney.
2. Schiele, E. en Berens, L. W. (1972). *Kalk*. Verlag Stahleisen M. B. H., Düsseldorf.
3. Heide, B. A. en Kampf, R. (1977). *Fosfaatverwijdering door middel van simultane precipitatie met kalk*. H₂O no. 1/1977, pag. 16-23.
4. Heide, B. A. en Kampf, R. (1976). *Aerobe en verdergaande zuivering van afvalwater in zeer laag belaste actief slibsystemen. Fosfaatverwijdering door middel van simultane precipitatie met kalk*. IG-TNP rapport A-79.
5. Technisch adviesbureau der vereniging van Nederlandse gemeenten (1977). *Simultaan defosfateren met behulp van kalk, praktisch onderzoek op de rwzi Enter*. Ingenieursbureau DHV, Amersfoort.
6. Kox, W. H. A. (1978). *Fosfaatverwijdering uit kalverdrijfmest op praktijkschaal*. Nijverheidsorganisatie TNO, Postbus 342, Apeldoorn.
7. Counts, C. A. en Shuckrow, A. J. (1974). *Lime-stabilized sludge: its stability and effect on agricultural land*. Batelle, Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington 99352.
8. Andersson, L. (Stockholm, 1978). *Lime treatment of Sewage Sludge*. Voordracht op het '4th International Lime Congress, Hershey, Pa, USA', september 1978.
9. Haan, S. de (1976). *Afvalwaterzuiverings-slib als meststof of grondverbeteringsmiddel*. Landbouwkundig Tijdschrift/PT (1976), 88-1.



Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland

Vergaderingen

12 juni, 10.30 uur:

Contactorgaan Voorlichters Waterleidingbedrijven, pompstation Gemeentewaterleidingen, Leiduin, Vogelenzang.

14 juni 1979, 10.15 uur:

College van Bedrijfsdirecteuren, VEWIN-kantoor.

14 juni 1979, 14.15 uur:

Raad van Advies voor de Redactie H₂O, Gemeentewaterleidingen Amsterdam, Amsterdam.

15 juni 1979, 10.00 uur:

Centraal Plancollege, NV Goudse Waterleiding Maatschappij, Gouda.

15 juni 1979, 9.00 uur:

RIG Zuid, Gemeentebedrijven Eindhoven, Eindhoven.

21 juni 1979, 9.30 uur:

Dagelijks Bestuur, Utrecht.
21 juni 1979, 14.00 uur:
Ledenvergadering, Utrecht.

Ter inzage gelegde octrooiaanvragen

Nadere inlichtingen zijn verkrijgbaar bij de Octrooiraad, Patentlaan 2, Rijswijk, tel. 070 - 90 76 16.

7810573 - Werkwijze voor de chemische zuivering van water door chemische precipitatie en magnetische slikscheiding; precipitatiemiddel. Boliden Aktiebolag te Stockholm.

7803311 a - Korrosie en ketelsteen werend mengsel en werkwijze voor de toepassing ervan. Buckman Laboratories, Inc. te Memphis, Tennessee, USA.

7711505 - Inrichting voor het beluchten van een vloeistof. Landustrie Sneek Machinefabriek Elektrotechniek BV te Sneek.

7711211 b - Werkwijze voor de enzymatische behandeling van afvalwater van tarwetzetmeelfabrieken. Naarden International NV te Naarden en Altenburger Maschinen KG Jäckering & Co. te Hamm, Bondsrepubliek Duitsland.

Regencijfers

	Neerslag in mm tijdvak 18/4 t/m 1/5
Valkenburg (ZH)	37,9
Den Helder (De Kooy)	36,4
Schiphol	49,6
De Bilt	59,1
Leeuwarden	33,1
Groningen	54,5
Twente (vliegveld)	52,9
Vlissingen	41,5
Gilze Rijen	39,7
Eindhoven	34,9
Maastricht	51,2

Neerslag in maart 1979 (definitieve cijfers).

De hoeveelheid neerslag gemiddeld over het gehele land bedroeg 99 mm tegen 42 mm normaal. De grootste hoeveelheid was 142 mm te Eindhoven, de kleinste 61 mm te Elburg.

De grootste etmaalhoeveelheid (26 mm) werd op 10/3 te Gilze-Rijen gemeten.

District	Neerslag in mm	
	gem. hoeveelheid	afwijking in N *
Den Helder	87	+ 48
Leeuwarden	88	+ 48
Eelde	82	+ 43
Hoorn (NH)	96	+ 57
Lelystad	86	+ 44
Dedernvaart	81	+ 37
Naaldwijk	106	+ 65
De Bilt	97	+ 52
Winterswijk	89	+ 45
Andel	111	+ 68
Vlissingen	108	+ 67
Oudenbosch	117	+ 73
Gemert	117	+ 74
Venlo	117	+ 76
Beek (L)	115	+ 69
Landgemiddelde	99	+ 57

* Gemiddelde over het tijdvak 1931-1960.
Bron: KNMI.